

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-043512

(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 11-212993

(71)Applicant : NEC CORP

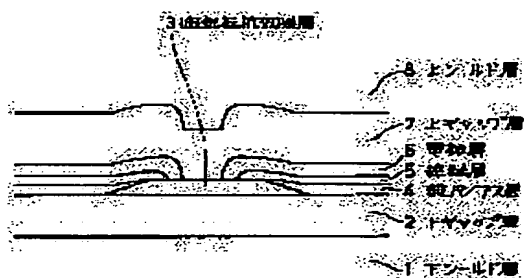
(22)Date of filing : 28.07.1999

(72)Inventor : HAYASHI KAZUHIKO

**(54) MAGNETO-RESISTIVE ELEMENT, MAGNETO-RESISTIVE HEAD, MAGNETO-RESISTANCE DETECTING SYSTEM AND MAGNETIC STORAGE SYSTEM****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a head corresponding to a narrow track reproducing by reducing an effective reproducing track width of a reproducing part in a recording/reproducing head.

**SOLUTION:** A magneto-resistive element comprising a magneto-resistive layer 3 having a width almost corresponding to a recording track width of a magnetic recording medium, a vertical bias layer 4 disposed adjacent to both sides of the magneto-resistive layer 3 and a pair of electrodes 6 which is provided on the vertical bias layer 4 and electrically connected with the magneto-resistive layer 3 comprises an insulating layer 5 provided between the vertical bias layer 4 and the electrodes 6. And a part of the electrodes 6 is in contact with the magneto-resistive layer 3 and the interval between the electrodes 6 is formed so as to be narrower than the width of the magneto-resistive layer 3.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 20.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3367477

[Date of registration] 08.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Best Available Copy

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

[Claim(s)]

[Claim 1] A magneto-resistive effect layer which has width of face corresponding to recording track width of face of magnetic-recording data medium mostly, It is a magneto-resistive effect element containing a vertical bias layer which adjoined both sides of this magneto-resistive effect layer, and has been arranged, and an electrode of a pair which was prepared on this vertical bias layer and connected to said magneto-resistive effect layer and electric target. A magneto-resistive effect element characterized by having prepared an insulating layer between said vertical bias layers and said electrodes, and for some electrodes of said pair having contacted said magneto-resistive effect layer, and forming a gap of an electrode of said pair more narrowly than width of face of said magneto-resistive effect layer.

[Claim 2] A magneto-resistive effect layer and a vertical bias layer which adjoined both sides of this magneto-resistive effect layer, and has been arranged, When a core of the direction of a truck of said magneto-resistive effect layer is made into a criteria location including an electrode of a pair which was prepared on this vertical bias layer and connected to said magneto-resistive effect layer and electric target A portion nearest to said criteria location is the magneto-resistive effect element it was made to be located near said criteria location rather than a portion nearest to said criteria location among said vertical bias layers among said electrodes. Even if [ a part of ] there are few said vertical bias layers and said magneto-resistive effect layers, an insulating layer is formed upwards. A magneto-resistive effect element to which a location nearest to said criteria location is characterized by being located in the middle with a portion nearest to said criteria location among said electrodes among a portion nearest to said criteria location, and said vertical bias layer among this insulating layer.

[Claim 3] A shield mold magneto-resistive effect arm head characterized by including a bottom shield formed on a base, a magneto-resistive effect element according to claim 1 or 2 formed through a bottom gap insulating layer on it, and a shield after being formed through a top gap insulating layer on it.

[Claim 4] A magnetic-reluctance detection system characterized by including a magneto-resistive effect element according to claim 1 or 2, a means which produces current which passes along said magneto-resistive effect element, and a means to detect resistivity change of said magnetic resistance element as a function of a magnetic field detected.

[Claim 5] A magnetic-reluctance detection system characterized by including a shield mold magneto-resistive effect arm head according to claim 3, a means which produces current which passes along said magneto-resistive effect arm head, and a means to detect resistance rate of change of said magneto-resistive effect arm head as a function of a magnetic field detected.

[Claim 6] A magnetic storage system characterized by including an actuator means combined with a magnetic-recording system and a magnetic-reluctance detection system in order to move a magnetic-recording system, a magnetic-reluctance detection system according to claim 4 or 5, and said magnetic-recording system and said magnetic-reluctance detection system for making data memorize on magnetic storage data medium which has two or more trucks for data logging, and this magnetic storage data medium to a truck with which said magnetic storage data medium was chosen.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to amelioration of the magnetometric sensor for reading the information signal recorded on the magnetic medium about the magnetic storage system at the magneto-resistive effect element, the magneto-resistive effect arm head, and the magnetic-reluctance detection-system list.

[0002]

[Description of the Prior Art] With the conventional technology, the magnetic reading converter called a magnetic-reluctance (MR) sensor or an arm head is indicated, and it turns out that this can read data in the magnetic surface by big linearity density. MR sensor detects a magnetic field signal through the resistance change as the strength of magnetic flux, and a function of a direction sensed by the reading element. MR sensor of such conventional technology operates based on the anisotropy magnetic-reluctance (AMR) effect that one component of resistance of a reading element changes in proportion to the square of the cosine of the angle of Hazama of the magnetization direction and the direction of the perception current which flows the inside of an element.

[0003] paper" whose more detailed explanation of this AMR effect is D.A. TOMUPUSON (Thompson) etc. — it is indicated by Memory, Storage, and Related Applications" IEEE Trans.on Mag.MAG-11, and pp.1039 (1975).

[0004] Although vertical bias is impressed in the magnetic head using this AMR effect in many cases in order to press down a Barkhausen noise, antiferromagnetism materials, such as FeMn, NiMn, and a nickel oxide, may be used as this vertical bias impression material. Furthermore, the more remarkable magneto-resistive effect returned to spin dependency dispersion by the layer interface which accompanies spin dependency transmission and it of the electrical conduction electron between the magnetic layers resistance change of a laminating magnetometric sensor minds a non-magnetic layer is indicated by recently. This magneto-resistive effect is called by various names, such as "giant magneto-resistance" and the "spin bulb effect."

[0005] Sensitivity is improved and such a magnetic-reluctance sensor has a large resistance change rather than it is observed with a suitable material by the configuration, now the sensor which gets down and uses the AMR effect. By this kind of MR sensor, the plane internal resistance of Hazama of one pair of ferromagnetic layers separated by the non-magnetic layer changes in proportion to the cosine of the angle between the two magnetization directions of a layer.

[0006] The laminating magnetism structure of resulting in high MR change produced by anti-parallel alignment of the magnetization in a magnetic layer to JP,2-61572,A is indicated. As an usable material, ferromagnetic transition metals and a ferromagnetic alloy are mentioned in the specification of the above-mentioned open official report by the laminated structure. Moreover, it is indicated as the structure which added the layer made to fix to one side of the two-layer ferromagnetism [ at least ] layer separated by the interlayer, and a layer made to fix that FeMn is suitable.

[0007] Moreover, it has the two-layer thin film layer of the ferromagnetic divided by the thin film

layer of a non-magnetic metal object, when an impression magnetic field is zero, JP,4-358310,A and the magnetization direction of two ferromagnetic thin membrane layers cross at right angles, resistance between two uncombined ferromagnetic layers changes in proportion to the cosine of the angle between the two magnetization directions of a layer, and MR sensor independent of the direction of the current passing through the inside of a sensor is indicated.

[0008] Furthermore, MR sensor based on the above-mentioned effect that magnetization of the antiferromagnetic substance layer which adjoins including the thin film layer of two ferromagnetics separated in the thin film layer of a non-magnetic metal material when an external impression magnetic field is zero is kept perpendicular to JP,6-203340,A to the ferromagnetic layer of another side is indicated.

[0009] Again furthermore, to JP,9-282618,A The spin bulb by which the laminating of two or more layers of the magnitude corresponding to the width of recording track of magnetic-recording data medium was carried out, Adjoin the both sides of a spin bulb, and it is arranged, and has a magnetic-domain control layer and one pair of electrodes which the laminating was carried out on the magnetic-domain control layer, and were connected to the spin bulb and the electric target. An electrode spacing is the magneto-resistive effect arm head characterized by being formed more narrowly than the width of face of a spin bulb layer, and the case where an insulating layer does not exist between an electrode and a spin bulb layer is indicated.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Drawing 18 shows the conceptual diagram of an example of the conventional magneto-resistive effect layer head. By this example, when the core of the direction of a truck of the magneto-resistive effect layer 3 is made into a criteria location, the portion nearest to this criteria location shows the magneto-resistive effect element located more near the criteria location concerned among the vertical bias layers 4 as compared with the portion nearest to this criteria location among the electrode layers 6 of a pair.

[0011] Drawing 18 is a cross section at the time of cutting the abbreviation core of an element in respect of being parallel to an ABS (Air Bearing Surface) side. The laminating of the bottom gap layer 2 is carried out on the bottom shield 1, and the spin bulb (SV) layer 3 which is a magneto-resistive effect layer is arranged on it. The SV layer 3 which is this magneto-resistive effect layer has suitable magnitude, for example, the width of recording track of a record medium which is not illustrated and the width of face which corresponded mostly, is patternized, adjoins those right and left in the both ends of the SV layer 3 to which the vertical bias layer 4 was patternized, and is arranged.

[0012] Furthermore, it is installed so that the electrode layer 6 of the pair patternized on it may lap with the at least 1 section of the vertical bias layer 4 and the magneto-resistive effect layer 3. The laminating of the top gap layer 7 and the top shield layer 8 is carried out further on it. It is the feature that each point of the electrode layer 6 of a pair is nearer than the location which is in contact with the magneto-resistive effect layer 3 of the vertical bias layer 4 by the core of the magneto-resistive effect layer 3 at this time.

[0013] With the element of such structure, magnetization of a magneto-resistive effect layer edge is being fixed by the vertical bias layer 4, and it does not have sensitivity to the leakage magnetic field from a record medium. Then, it is a primary aim by considering as structure like drawing 18 that magnetic field sensitivity with a high center section and magnetic-domain control of the magnetic force sensor by the vertical bias layer 4 can be reconciled by bypassing the edge concerned and passing sense current only at the place more near the center of the magneto-resistive effect layer 3.

[0014] However, if a prototype is actually built and it sees, an inflow outflow is carried out at the magneto-resistive effect layer 3 not only from the point of the electrode layer 6 but from the portion which retreated from the tip, this becomes a cause, the width of recording track of the reproducing head spreads rather than the distance between tips of the electrode layer 6 of a pair (electrode spacing), and the formation of a \*\* truck is difficult for sense current.

[0015] This invention is providing with a magnetic storage system the magneto-resistive effect element corresponding to the formation of a \*\* truck which can reconcile magnetic field sensitivity with a high center section, and magnetic-domain control of the magnetic force sensor

by vertical bias and a magneto-resistive effect arm head, and the magnetic-reluctance detection-system list which used it by bypassing an edge and passing sense current only at the place more near the center section of the magneto-resistive effect layer.

[0016]

[Means for Solving the Problem] A magneto-resistive effect layer which has width of face corresponding to recording track width of face of magnetic-recording data medium mostly according to this invention, It is a magneto-resistive effect element containing a vertical bias layer which adjoined both sides of this magneto-resistive effect layer, and has been arranged, and an electrode of a pair which was prepared on this vertical bias layer and connected to said magneto-resistive effect layer and electric target. A magneto-resistive effect element characterized by having prepared an insulating layer between said vertical bias layers and said electrodes, and for some electrodes of said pair having contacted said magneto-resistive effect layer, and forming a gap of an electrode of said pair more narrowly than width of face of said magneto-resistive effect layer is obtained.

[0017] Moreover, a vertical bias layer which according to this invention adjoined both sides of a magneto-resistive effect layer and this magneto-resistive effect layer, and has been arranged, When a core of the direction of a truck of said magneto-resistive effect layer is made into a criteria location including an electrode of a pair which was prepared on this vertical bias layer and connected to said magneto-resistive effect layer and electric target A portion nearest to said criteria location is the magneto-resistive effect element it was made to be located near said criteria location rather than a portion nearest to said criteria location among said vertical bias layers among said electrodes. Even if [ a part of ] there are few said vertical bias layers and said magneto-resistive effect layers, an insulating layer is formed upwards. A magneto-resistive effect element to which a location nearest to said criteria location is characterized by being located in the middle with a portion nearest to said criteria location among said electrodes among a portion nearest to said criteria location and said vertical bias layer among this insulating layer is obtained.

[0018] Furthermore, according to this invention, a shield mold magneto-resistive effect arm head characterized by including a bottom shield formed on a base, an above-mentioned magneto-resistive effect element formed through a bottom gap insulating layer on it, and a shield after being formed through a top gap insulating layer on it is obtained.

[0019] Moreover, according to this invention, a magnetic-reluctance detection system characterized by including a means which produces current which passes along an above-mentioned magneto-resistive effect element and said above-mentioned magneto-resistive effect element, and a means to detect resistivity change of said magnetic resistance element as a function of a magnetic field detected is obtained.

[0020] Furthermore, according to this invention, a magnetic-reluctance detection system characterized by including a means which produces current which passes along an above-mentioned shield mold magneto-resistive effect arm head and said above-mentioned magneto-resistive effect arm head, and a means to detect resistance rate of change of said magneto-resistive effect arm head as a function of a magnetic field detected is obtained.

[0021] Furthermore, in order to move a magnetic-recording system, the above-mentioned magnetic-reluctance detection system, and said magnetic-recording system and said magnetic-reluctance detection system for making data memorize on magnetic storage data medium which has two or more trucks for data logging, and this magnetic storage data medium again to a truck with which said magnetic storage data medium was chosen according to this invention, a magnetic-storage system characterized by including an actuator means combined with a magnetic-recording system and a magnetic-reluctance detection system is obtained.

[0022] In a magneto-resistive effect element, a shield mold magneto-resistive effect arm head, a magnetic-reluctance detection system, and a magnetic storage system of such a configuration, since an insulating layer is prepared in the upper part of a vertical bias layer which is in contact with a patternized magneto-resistive effect layer near the magneto-resistive effect layer edge and an electrode layer is arranged on it, sense current does not flow into an edge of a magneto-resistive effect layer through a direct or length bias layer.

[0023] The magnetization direction of a magnetosensitive layer which forms a magneto-resistive effect layer is being fixed, and a magneto-resistive effect layer edge has stopped having the sensitivity to a magnetic field by touching a vertical bias layer. Therefore, that sense current does not pass this portion contributes to improvement in an output of a magneto-resistive effect layer. An electrode layer will avoid a magneto-resistive effect layer edge, and will be connected to a core from that of a magneto-resistive effect layer. Since near the center of a magneto-resistive effect layer is a portion from which the magnetization direction of a magnetosensitive layer which constitutes it changes a lot to a magnetic field, that sense current passes this portion preferentially contributes to improvement in an output of a magneto-resistive effect layer.

[0024] Furthermore, since the magnetization direction becomes easy to change with magnetic fields from an edge at which a magnetosensitive layer is in contact with a vertical bias layer gradually towards a core, a sensitive portion exists a magnetic field in a portion from a center halfway for a while from an endmost part. If sense current passes such a portion, in case leakage magnetic field information on recorded data medium will be detected, a field which detects a magnetic field halfway exists in an edge of the direction of a truck. It is that the width of recording track of this, at i.e., the time of playback, spreads, and means that track density cannot be raised.

[0025] If structure of this invention is used, since it also covers such a field that detects a magnetic field from data medium halfway by insulating layer and sense current can be prevented from flowing, effectual truck broadening can also be pressed down. On the other hand, since a magneto-resistive effect layer edge is directly in contact with a vertical bias layer, dynamic coercive force of a magneto-resistive effect layer is controlled sufficiently small, and it can control a Barkhausen noise at the time of playback sufficiently small. The \*\* truck reproducing head which has a big playback output and a small Barkhausen noise is realizable with the above principle.

[0026]

[Embodiment of the Invention] It explains to details, referring to a drawing per gestalt of operation of this invention below. Drawing 1 is a cross section at the time of cutting the playback section of the typical record reproducing head which applied this invention in parallel with an ABS side. With this configuration, the bottom shield layer 1 is formed on the base which is not illustrated probably. The bottom [ this ] shield layer 1 is patternized by the suitable configuration. The bottom gap layer 2 is formed on the bottom shield layer 1, and the magneto-resistive effect layer 3 further patternized on it is formed. This magneto-resistive effect layer 3 is patternized by the width of recording track of the record medium which is not illustrated, and the magnitude (width of face) which corresponded mostly.

[0027] It is formed in the edge of the magneto-resistive effect layer 3 so that the vertical bias layer 4 may touch or it may run aground in part. Even if [ a part of ] there are few vertical bias layers 4 and magneto-resistive effect layers 3, upwards, the insulating layer 5 is formed. Here, when the core of the direction of a truck of the magneto-resistive effect layer 3 is made into a criteria location, the location nearest to the criteria location concerned is established in the location near [ portion / nearest to the criteria location concerned ] the criteria location concerned among the vertical bias layers 4 among insulating layers 5.

[0028] Furthermore, even if [ a part of ] there are few insulating layers 5 and magneto-resistive effect layers 3, upwards, the electrode layer 6 of a pair is arranged. Therefore, the point of the electrode layer 6 of a pair contacts the magneto-resistive effect layer 3, and the gap of the electrode of a pair is narrower than the width of face of the magneto-resistive effect layer 3. Current can be passed only to the core where sensitivity is high, without passing sense current into the portion which does not have the sensitivity to the inner magnetic field of a magnetosensitive layer by taking such structure, and the portion which has sensitivity halfway.

[0029] Drawing 2 is the concrete example of the structure shown in drawing 1, and it touches in the location distant from the magneto-resistive effect layer 3 with this structure, without the electrode layer 6 and the vertical bias layer 4 minding an insulating layer 5. Thus, even if the electrode layer 6 and the vertical bias layer 4 have touched directly, if the location which has



touched is distant from the location where the electrode layer 6 and the magneto-resistive effect layer 3 have touched directly enough, since current flows the low electrode layer 6 of resistance preferentially, without sense current bypassing the vertical bias layer 4 with high resistance, current will not flow the edge of the magneto-resistive effect layer 3. Of course, it does not matter at all even if the electrode layer 6 and the vertical bias layer 4 do not touch at all.

[0030] Drawing 3 is the plan which looked at the playback section of the typical record reproducing head of this invention from the direction perpendicular to an ABS side. Each location shown by A-H has composition of the following [ Hazama / from a base to a top shield (common pole) ], respectively.

[0031] Location A: a base / bottom shield layer / bottom gap layer / magneto-resistive effect film / top gap layer / top — a shield layer location B: base / bottom shield layer / bottom — a gap layer / magneto-resistive effect film / electrode layer / top gap layer — a shield-on / layer location C: base / a bottom shield layer — the bottom gap layer of // magneto-resistive effect film / insulating layer / electrode layer / top GYA A PPU layer / top shield layer location D: a base / bottom shield layer / bottom gap — a layer / vertical bias layer / insulating layer / electrode layer / top — a gap layer / top shield layer location E: base / bottom — a shield layer / bottom gap layer / vertical bias layer / insulating layer — a / top gap layer / top shield layer location F: base / bottom shield They are a gap layer / insulating layer / top gap layer / top shield layer a shield layer location H: base / bottom shield layer / bottom a gap layer / top shield layer location G: base / bottom a shield layer / bottom gap layer / top gap layer / top a layer / bottom gap layer / insulating layer / electrode layer / top.

[0032] Although the case where a vertical bias layer and an electrode layer are completely insulated by the insulating layer shows here, even if the part touches as mentioned above, it is satisfactory if it is distant from the location where the electrode and the magneto-resistive effect film have touched enough. Moreover, other configurations are sufficient although the case where the configuration of a vertical bias layer was a rod-like here was shown. Moreover, a substrate layer can also be prepared in each lower part of a bottom shield layer, a bottom gap layer, a vertical bias layer, an electrode layer, an insulating layer, a magneto-resistive effect film, a top gap layer, and a top shield layer, and an up layer or a protective layer can also be prepared in the upper part.

[0033] Next, the typical example of the details of each structure is described. As an element which constitutes each class, the following materials serve as a strong candidate.

[0034] Base: Al Chick, SiC, an alumina, Al Chick / alumina two-layer, SiC / alumina two-layer Bottom shield layer; the simple substance, multilayers, and mixture which consist of NiFe, CoZr or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, FeAlSi, a nitriding iron system material, a MnZn ferrite, a NiZn ferrite, and a MgZn ferrite.

[0035] Electrode layer: The simple substance, multilayers, and mixture which consist of Au, Ag, Cu, Mo, W, Y, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Pt, and Ta.

[0036] Insulating layer: The simple substance, multilayers, and mixture which consist of aluminum oxide, Si oxide, alumimium nitride, silicon nitride, and diamond-like carbon.

[0037] Bottom gap layer: The simple substance, multilayers, and mixture which consist of aluminum oxide, Si oxide, alumimium nitride, silicon nitride, and diamond-like carbon.

[0038] Top gap layer: The simple substance, multilayers, and mixture which consist of aluminum oxide, Si oxide, alumimium nitride, silicon nitride, and diamond-like carbon.

[0039] Vertical bias film: The simple substance, multilayers, and mixture which consist of CoCrPt, CoCr, CoPt, CoCrTa, FeMn, NiMn, nickel oxide, a NiCo oxide, Fe oxide, a NiFe oxide, IrMn, PtMn, PtPdMn, ReMn, a Co ferrite, and a Ba ferrite.

[0040] The thing of the following configurations can be used as a magneto-resistive effect film.

[0041] protective-layer base [ an enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / free layer / ]/base / substrate layer/— free — the layer / protective layer base / substrate layer of which a layer / 1st MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / fixed bed / immobilization is done / layer [ which is made to fix ] / fixed-

bed/— the 1st MR (— substrate layer/— free — layer base/(the layer / fixed bed / the 1st MR enhancing made to fix a substrate layer / a layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / free layer / protective layer) which carried out N time repeat laminating of the layer / protective layer) of which a layer / 1st MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / fixed bed / immobilization is done substrate layer [ a layer / protective layer base / ]/layer base / substrate layer / 1st layer/fixed bed / 1st MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / free layer / 3rd MR enhancing layer / non-magnetic layer / 4th MR enhancing layer / 2nd fixed-bed/— it is made to fix the 2nd time — [ which carried out N time repeat laminating ] [ which is made to fix the 1st time ] (— layer (N is one or more) / fixed-bed / protective layer base / substrate layer/(a free layer) which carried out N time repeat laminating of the fixed bed / 1st MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / free layer / non-magnetic layer /) the /1st MR enhancing — the [ a free layer / protective layer base / / the layer (N is one or more) which carried out N time repeat laminating of layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / fixed-bed / non-magnetic layer// / substrate layer / fixed bed / ] — one MR enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer — a /free layer / protective layer base / substrate layer / free layer / the 1st MR — an enhancing layer / non-magnetic layer / 2nd MR enhancing layer / fixed bed / protective layer.

[0042] As a substrate layer, the monolayer and the mixture film which consist of a metal, an oxide, and a nitride, or multilayers is used. Specifically, the monolayer and the mixture film which consist of the oxide or nitride of Ta, Hf, Zr, W, Cr, Ti, Mo, Pt, nickel, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, V, and these materials, or multilayers is used.

[0043] As an alloying element, Ta, Hf, Zr, W, Cr, Ti, Mo, Pt, nickel, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, and V can also be used. A substrate layer may not be used.

[0044] As a free layer, NiFe, CoFe, NiFeCo, FeCo, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, or an amorphous magnetic material can be used.

[0045] The materials with which the candidate of a non-magnetic layer material turns into a candidate by the case with the magneto-resistive effect film with which the magneto-resistive effect film used the electric conduction non-magnetic layer for the case where it is a ferromagnetic tunnel junction film, and the non-magnetic layer differ. As a non-magnetic layer (barrier layer) of a ferromagnetic tunnel junction film, the mixture of an oxide, a nitride, an oxide, and a nitride or a metal / oxide two-layer film, a metal / nitride two-layer film, and a metal / (mixture of an oxide and a nitride) two-layer film are used.

[0046] Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Si, aluminum, Ti, Ta, Pt, nickel, Co, Re, and V The simple substance of an oxide and a nitride, Multilayers, mixture, or Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, [ these, and ] The simple substance of the oxide of Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Si, aluminum, Ti, Ta, Pt, nickel, Co, Re, and V and a nitride, multilayers, and a cascade screen with mixture serve as a strong candidate.

[0047] In the case of the magneto-resistive effect film which used the electric conduction non-magnetic layer for the non-magnetic layer Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, The simple substance of Au, Si, aluminum, Ti, Ta, Pt, nickel, Co, Re, and V, Multilayers, mixture, or Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, [ these, and ] The simple substance of Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Si, aluminum, Ti, Ta, Pt, nickel, Co, Re, and V, multilayers, and a cascade screen with mixture serve as a strong candidate.

[0048] As a 1st and 2nd MR enhancing layer, CoFeB(s), such as Co, NiFeCo, and FeCo, or CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, or an amorphous magnetic material is used. Although MR ratio falls a little compared with the case where it uses when not using MR enhancing layer, the routing counter which production takes only a part not to use decreases.

[0049] As the fixed bed, NiFe, CoFe, NiFeCo, FeCo, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, or an amorphous magnetic material can be used. Or it is also possible to use the cascade screen which combined

these, and the simple substance which consists of a group who uses Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Si, aluminum, Ti, Ta, Pt, nickel, Co, Re, and V as the base, an alloy or a cascade screen.

[0050] Co/Ru/Co, CoFe/Ru/CoFe, CoFeNi/Ru/CoFeNi, Co/Cr/Co, CoFe/Cr/CoFe, and CoFeNi/Cr/CoFeNi are strong candidates.

[0051] As a layer made to fix, nickel oxide / mixture [ of FeMn, NiMn, IrMn, RhMn, PtPdMn, ReMn, PtMn, PtCrMn, CrMn, CrAl, TbCo, nickel oxide Fe oxide nickel oxide the mixture of Co oxide and nickel oxide, and Fe oxide ] and Co oxide two-layer film, nickel oxide / Fe oxide two-layer film, CoCr, CoCrPt, CoCrTa, PtCo, etc. can be used.

[0052] The material which added Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Si, aluminum, Ti, and Ta to PtMn or PtMn is a strong candidate.

[0053] As a protective layer, the mixture of an oxide, a nitride, an oxide, and a nitride or a metal / oxide two-layer film, a metal / nitride two-layer film, and a metal / (mixture of an oxide and a nitride) two-layer film are used. Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, The oxide of Au, Si, aluminum, Ti, Ta, Pt, nickel, Co, Re, and V, and the simple substance of a nitride, Multilayers, mixture, or Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, [ these, and ] The simple substance of the oxide of Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Si, aluminum, Ti, Ta, Pt, nickel, Co, Re, and V and a nitride, multilayers, and a seat layer membrane with mixture serve as a strong candidate. A protective layer may not use.

[0054] Next, in drawing 4 - drawing 13 , the typical creation procedure of each arm head of structure which showed the example of representation in drawing 1 - drawing 3 is shown. All over drawing, the element appearance in which the thick line was newly formed in the production process in the element appearance in which the thin line was formed at the former production process is shown. Moreover, at the actual production process, by forming the following element on the formed element, although it disappears altogether or disappears very much, the continuous line has also described that the original element appearance is partial or all the elements that are hidden by the bottom of an element here for understandability.

[0055] After forming a bottom shield layer, forming PR (photoresist) on a base, patternizing by milling and a remover's removing PR, a bottom gap layer is formed ( drawing 4 ). Next, a magneto-resistive effect film is formed, PR for magneto-resistive effect film patternizing are formed on it, and it patternizes by milling. PR removal is not performed in this phase ( drawing 5 ).

[0056] Next, PR removal is carried out after forming PR for vertical bias layer patternizing after it forms a vertical bias layer and lift off removes the vertical bias layer on a magneto-resistive effect film, and patternizing by milling ( drawing 6 ). Next, PR are removed, after forming an insulating layer in the whole surface, forming PR for insulating-layer patternizing and patternizing an insulating layer by milling ( drawing 7 ).

[0057] Next, after forming PR for electrode lift off and forming an electrode layer on the whole surface, an electrode layer is patternized by lift off ( drawing 8 ). On an electrode layer, an electrolyte thickness attachment layer can be formed for electrode resistance reduction. After forming PR for electrolyte thickness attachment layer lift off and forming an electrolyte thickness attachment layer on the whole surface, an electrolyte thickness attachment layer is patternized by lift off ( drawing 9 ).

[0058] Next, a top gap layer is formed on the whole surface, and PR are removed, after forming the method PR of electrode piercing and removing the gap layer on the polar zone by milling ( drawing 10 ). Next, a top shield is formed and patternized. Usually, a frame resist is formed, and after forming a top shield layer by plating, it is based on the method of removing a frame resist ( drawing 11 ). Next, although the recording head section is formed, since what kind of thing may be used as a recording head here, concrete structure is not described ( drawing 12 ). Next, it wraps in parallel with an ABS side, and element height is determined at the same time it removes an unnecessary portion ( drawing 13 ).

[0059] Next, the outline of the magnetic-reluctance detection system which applied the magneto-resistive effect element of this invention is explained with reference to drawing 14 . In addition, in drawing 14 , the same sign shows drawing 1 and an equivalent portion. As shown in

drawing 14 , the sense current source 21 and the sense circuit 22 are connected to juxtaposition at each of the electrode 6 of a pair. Sense current is passed by the magneto-resistive effect element from the sense current source 21, and it flows from the left lateral electrode in drawing (+ side) to a right lateral electrode (- side) through near the center of the magneto-resistive effect layer 3. 20 shows the current path in this case. This sense current value is set as the fixed value.

[0060] The sense circuit 22 detects the voltage between the electrodes 6 of a pair, since the resistance changes with the directions of the magnetic field impressed to it, resistance change turns into an inter-electrode voltage change on either side, and the magneto-resistive effect layer 3 will appear, when sense current is fixed. Therefore, by detecting this voltage change, resistance change of the magneto-resistive effect layer 3 can be detected, and the direction and magnitude of a magnetic field which are further impressed to the magneto-resistive effect layer 3 can be detected. That is, it has the composition of detecting resistivity change of a magneto-resistive effect layer in the sense circuit 22 as a function of the magnetic field which should be detected.

[0061] Next, the example of application to the record reproducing head and the record regeneration system of this invention is shown. Drawing 15 is the conceptual diagram of the record reproducing head which applied this invention. The arm head is formed on the base 42 from the reproducing head 45 and the recording head which consists of a magnetic pole 43, a coil 41, and a top magnetic pole 44. Even if common [ in an up shield film and a lower magnetic film ] at this time, it does not matter even if it prepares independently. By this arm head, a signal is written in on a record medium and a signal is read in a record medium. A part for the sensor of the reproducing head and the magnetic gap of a recording head are forming in the location put on this appearance on the same slider, and positioning is possible for a rack in it being the same at coincidence. This arm head was processed into the slider and it carried in the magnetic recorder and reproducing device.

[0062] Drawing 16 is the conceptual diagram of a magnetic recorder and reproducing device which used the magneto-resistive effect element of this invention. On the substrate 52 which serves as a head slider, the reproducing head 51 and a recording head 50 are formed, and it reproduces by positioning this on a record medium 53 with an actuator (not shown). A record medium 53 rotates, and a head slider opposes in the state of a height of 0.2 micrometers or less, or contact, and motions a record-medium 53 top relatively. According to this device, the reproducing head 51 is set as the location which can read in that leakage magnetic field 54 the magnetic signal recorded on the record medium 53.

[0063]

[Example] The arm head of structure drawing 1 and given in drawing 3 was created. Under the present circumstances, as a magneto-resistive effect film, /Zr(3nm)/Pt46Mn54 (15nm)/Co90Fe10(2nm)/Ru(0.8nm)/Co90Fe10(2nm)/Cu(2nm)/Co90Fe10(0.5nm)/nickel82Fe18 (4nm) / Ta (3nm) was used.

[0064] It carried out after film formation, impressing the magnetic field of 8kOe(s) in the direction which intersects perpendicularly 250 degrees C and heat treatment of 5 hours with the magnetic field at the time of membrane formation. In patterning of the MTJ section in the case of a head prototype, patterning of the MTJ film was altogether carried out to Zr of the lowest layer. Pattern NINGU was performed by milling a magneto-resistive effect film in a 0.3Pa pure Ar gas ambient atmosphere with usual milling equipment. Milling was performed from the perpendicular direction to the film surface.

[0065] The following were used as each element which constitutes an arm head.

[0066] Base -- Thing reproducing-head subordinate shield layer which carried out 10-micrometer laminating of the alumina with a thickness of 2mm on Al Chick -- Co89Zr4Ta4Cr3 (1 micrometer) presentation is below the same at%.

Bottom gap layer -- Alumina (20nm)

Electrode layer -- Ta (1.5nm) / Au (40nm) / Ta (3nm)

Electrolyte thickness attachment layer -- Ta (1.5nm) / Au (240nm) / Ta (3nm)

Insulating layer -- Alumina (20nm)

Vertical bias layer — Cr (10nm)/Co74.5 Cr10.5 Pt15 (24nm)

Top gap layer — Alumina (40nm)

Top shield layer — The bottom pole of a recording head, and community (common pole)

Recording head section common pole substrate — nickel82Fe18 (90nm)

Common pole — nickel82Fe18(2.5 micrometers)/Co65nickel12Fe23 (0.5 micrometers)

Record gap — Alumina (0.3 micrometers)

It attaches gap thickness. — Alumina (0.7 micrometers)

Coil substrate — Cr (30nm)/Cu (150nm)

Coil — Cu (4.5 micrometers)

Top pole substrate — Ti(10nm)/Co65nickel12Fe23 (0.1 micrometers)

Top pole — Co65nickel12Fe23(0.5 micrometers)/nickel82Fe18 (3.5 micrometers)

Terminal substrate — Cr (30nm)/Cu (150nm)

Terminal — Cu (50 micrometers)

Overcoat — Alumina (52 micrometers)

Golden terminal substrate — Ti(10nm)/nickel82Fe18 (0.1 micrometers)

Golden terminal — Au (3 micrometers).

[0067] The creation procedure of an arm head was carried out as follows.

[0068] Reproducing-Head Section Creation Substrate Washing → 1. Bottom Shield Membrane Formation And annealing → Alignment mark formation The bottom Shield-under → pattern NINGU (—formation → taper processing → resist removal) → The gap formation (—formation → membrane formation → lift off) → magneto-resistive effect element formation (membrane formation → two-layer-formation → milling) → length bias stratification (—formation → pattern NINGU → resist removal) → insulating-layer formation (Membrane formation → —formation → milling → PR removal) → The electrode stratification (Insulating-layer membrane formation → —formation → milling → PR removal) → Electrolyte thickness attachment formation (—formation → — membrane formation → lift off) (—formation → membrane formation → lift off) → pole height monitor formation (—formation → membrane formation → lift off) → — top electrolyte thickness attachment (—formation → membrane formation → lift off) → — top gap formation (membrane formation) → — a top — gap layer punching-formation → milling → —removal.

[0069] 2. Recording Head Section Creation Common Pole Formation → pole height stopgap resist → gap membrane formation → gap thickness attachment formation (—formation → membrane formation → lift off) → (The 2nd substrate membrane formation → frame PR formation → Common pole plating → covering PR formation → chemical etching → substrate removal) PW (the top pole and the common pole) The pole formation for connecting magnetically → coil formation SC1 resist (1 of resist \*\* for securing insulation of coil) formation → coil formation (substrate membrane formation → —formation → coil plating → chemical etching → substrate removal) → (—formation → milling → PR removal) SC2 resist (the insulation of a coil) 2 formation → gap adjustment milling of resist \*\* for securing → top pole formation ()

[ substrate membrane formation → frame resist formation → up pole plating → plating annealing → substrate removal → covering-formation → chemical etching → substrate removal -

>Focused ] The pole trim processing → terminal formation (substrate membrane formation → —formation → terminal plating → chemical etching → substrate removal) → overcoat membrane formation → terminal lap by Ion Beam milling equipment → golden terminal plating (substrate membrane formation → —formation → golden terminal plating → substrate removal).

[0070] 3. The photoresist hardening production process of the coil section creation time of the installation write-in head section to the DLC membrane formation → slider processing → suspension to a production process row cutting → ABS side processing lap → ABS side was made into 200 degrees C and 2 hours the back. the coercive force of data medium — 5.0 — kOe (s) and MrT — 0.35 memu/cm2 \*\* — it carried out. The playback output was measured using the arm head made as an experiment.

[0071] Record playback of the data was carried out on CoCrTa system data medium using this arm head. Under the present circumstances, in the write-in width of recording track (top pole width of face), 0.7 micrometers and a write-in gap set 0.12 micrometers and the reading width of recording track to 0.5 micrometers in the distance between two Au electrode tips on a mask

(layout value). The arm head of the configuration (conventional example) of drawing 18 which skipped and made the production process of the insulating-layer formation (insulating-layer membrane formation → formation → milling → PR removal) → electrode stratification (formation → membrane formation → lift off) as an experiment with the same configuration was made as an experiment, and a playback output, Wiggle, and effectual regenerative-track width of face were compared. The result is shown in the chart for a comparison of drawing 17.

[0072] Although the conventional example of the playback output was slightly higher, and Wiggle was comparable as the conventional example and it was one with this most important point, effectual regenerative-track width of face became the completely same value as 0.5 micrometers and a layout value from 0.8 micrometers and a layout value in the example of application of this invention to having been large in the conventional example.

[0073] As compared with the conventional example, the effectual width of recording track is small by leaps and bounds, and it means that it can respond to \*\* truck playback. It is the result of saying that about 1.6 times as many high density record as this is enabled. This bypasses the portion to which sense current is fixed to by application of this invention, and the magnetization direction is being fixed by vertical bias among the magnetic force sensors of a magneto-resistive effect film, and the portion it has been hard coming to move, and is considered because the magnetization direction near a magnetic force sensor center concentrates only on the portion which changes with external magnetic fields easily and it is flowing.

[0074] Next, the magnetic disk drive made as an experiment with the application of this invention is explained. The magnetic disk drive was equipped with the magnetic disk of three sheets on the base, and has stored the head drive circuit and the digital disposal circuit, and the input/output interface in the base rear face. It connects with the exterior by the 32-bit bus line. Six arm heads are arranged in both sides of a magnetic disk. The rotary actuator and drive for driving an arm head, the control circuit, and the spindle direct connection motor for disk rotation are carried.

[0075] The diameter of a disk is 46mm and a data surface uses from the diameter of 10mm to 40mm. Since it does not have a servo surface using an embedding servo system, densification is possible.

[0076] As for this equipment, direct continuation is possible as external storage of a small computer. Cache memory is carried in an input/output interface and it corresponds to the bus line whose transfer rate is per second 5 to 20 megabytes of range. Moreover, it is also possible by placing an external controller and connecting these two or more equipments to constitute a mass magnetic disk drive.

[0077]

[Effect of the Invention] It is effective in decreasing the effectual regenerative-track width of face of the head playback section, and being able to realize the record reproducing head corresponding to \*\* truck playback by application of this invention.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-43512

(P2001-43512A)

(43) 公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

データベース(参考)

5 D 0 3 4

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-212993

(22) 出願日 平成11年7月28日 (1999.7.28)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088812

弁理士 ▲柳▼川 信

Fターム(参考) 5D034 BA04 BA09 BA15 BB08 BB12

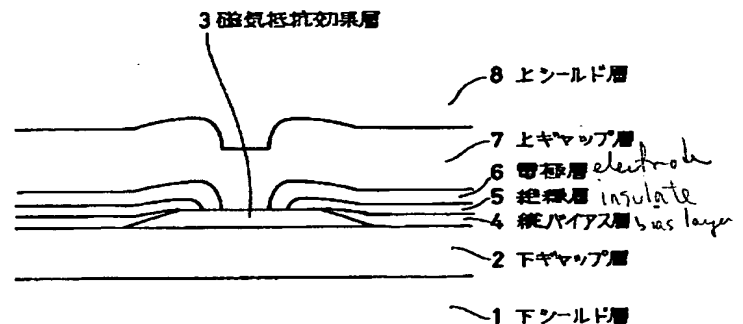
BB14 CA04 CA08

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッド及び磁気抵抗検出システム並びに磁気記憶システム

(57) 【要約】

【課題】 記録再生ヘッド再生部の実効的再生トラック幅を減少させ狭トラック再生に対応したヘッドを得る。

【解決手段】 磁気記録媒体の記録トラック幅にほぼ対応した幅を有する磁気抵抗効果層3と、この磁気抵抗効果層3の両側に隣接して配置された縦バイアス層4と、この縦バイアス層4上に設けられて磁気抵抗効果層3と電氣的に接続された一対の電極6とを含む磁気抵抗効果素子において、縦バイアス層4と電極6との間に絶縁層5を設け、一対の電極6の一部が磁気抵抗効果層3に接触しかつこれ等電極6の間隔を磁気抵抗効果層3の幅よりも狭く形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気記録媒体の記録トラック幅にほぼ対応した幅を有する磁気抵抗効果層と、この磁気抵抗効果層の両側に隣接して配置された縦バイアス層と、この縦バイアス層上に設けられて前記磁気抵抗効果層と電氣的に接続された一対の電極とを含む磁気抵抗効果素子であって、

前記縦バイアス層と前記電極との間に絶縁層を設け、前記一対の電極の一部が前記磁気抵抗効果層に接触しかつ前記一対の電極の間隔を前記磁気抵抗効果層の幅よりも狭く形成したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 磁気抵抗効果層と、この磁気抵抗効果層の両側に隣接して配置された縦バイアス層と、この縦バイアス層上に設けられて前記磁気抵抗効果層と電氣的に接続された一対の電極とを含み、前記磁気抵抗効果層のトラック方向の中心部を基準位置としたときに、前記電極のうち前記基準位置に最も近い部分が、前記縦バイアス層のうち前記基準位置に最も近い部分よりも前記基準位置の近くに位置するようにした磁気抵抗効果素子であって、

前記縦バイアス層及び前記磁気抵抗効果層の少なくとも一部上に絶縁層が形成されており、この絶縁層のうち前記基準位置に最も近い位置が、前記電極のうち前記基準位置に最も近い部分と前記縦バイアス層のうち前記基準位置に最も近い部分との中間に位置していることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 基体上に形成された下シールドと、その上に下ギャップ絶縁層を介して形成された請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子と、その上に上ギャップ絶縁層を介して形成された上シールドとを含むことを特徴とするシールド型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項4】 請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子を通る電流を生じる手段と、前記磁気抵抗素子の抵抗率変化を、検出される磁界の関数として検出する手段とを含むことを特徴とする磁気抵抗検出システム。

【請求項5】 請求項3記載のシールド型磁気抵抗効果ヘッドと、前記磁気抵抗効果ヘッドを通る電流を生じる手段と、前記磁気抵抗効果ヘッドの抵抗変化率を、検出される磁界の関数として検出する手段とを含むことを特徴とする磁気抵抗検出システム。

【請求項6】 データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記憶媒体と、この磁気記憶媒体上にデータを記憶させるための磁気記録システムと、請求項4または5記載の磁気抵抗検出システムと、前記磁気記録システムおよび前記磁気抵抗検出システムを前記磁気記憶媒体の選択されたトラックへ移動させるために、磁気記録システム及び磁気抵抗検出システムとに結合されたアクチュエータ手段とを含むことを特徴とする磁気記憶システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッド及び磁気抵抗検出システム並びに磁気記憶システムに関し、特に磁気媒体に記録した情報信号を読み取るための磁気センサの改良に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来技術では、磁気抵抗（MR）センサまたはヘッドと呼ばれる磁気読み取り変換器が開示されており、これは、大きな線形密度で磁性表面からデータを読み取れることがわかっている。MRセンサは、読み取り素子によって感知される磁束の強さと方向の関数としての抵抗変化を介して磁界信号を検出する。こうした従来技術のMRセンサは、読み取り素子の抵抗の成分が磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向の間の角度の余弦の2乗に比例して変化する異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作する。

【0003】 このAMR効果のより詳しい説明は、D. A. トンプソン（Thompson）等の論文“Memory, Storage, and Related Applications” IEEE Trans. on Mag. MAG-11, pp. 1039 (1975) に開示されている。

【0004】 かかるAMR効果を用いた磁気ヘッドでは、バルクハウゼンノイズを押えるために縦バイアスを印加することが多いが、この縦バイアス印加材料として、FeMn、NiMn、ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いる場合がある。さらに最近では、積層磁気センサの抵抗変化が非磁性層を介する磁性層間での電導電子のスピン依存性伝送及びそれに付随する層界面でのスピン依存性散乱に帰される、より顕著な磁気抵抗効果が記載されている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピン・バルブ効果」などの様々な名称で呼ばれている。

【0005】 このような磁気抵抗センサは適当な材料で構成されており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも感度が改善され、抵抗変化が大きい。この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された1対の強磁性体層の間の平面内抵抗が2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。

【0006】 特開平2-61572号公報には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高いMR変化をもたらす積層磁性構造が開示されている。積層構造で使用可能な材料として、上記公開公報の明細書には、強磁性の遷移金属及び合金が挙げられている。また、中間層により分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に固定させる層を付加した構造および固定させる層として、FeMnが適当であることが開示されている。

【0007】 また、特開平4-358310号公報には、非磁性金属体の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界が零である場合に2つの強磁性薄膜層の磁化方向が直交し、2つの非結合強磁



性体層間の抵抗が2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化し、センサ中を通る電流の方向とは独立な、MRセンサが開示されている。

【0008】更に、特開平6-203340号公報には、非磁性金属材料の薄膜層で分離された2つの強磁性体の薄膜層を含み、外部印加磁界がゼロのとき、隣接する反強磁性体層の磁化が他方の強磁性体層に対して垂直に保たれる上記の効果に基づくMRセンサが開示されている。

【0009】更にはまた、特開平9-282618号公報には、磁気記録媒体のトラック幅に対応した大きさの複数の層が積層されたスピナルブと、スピナルブの両側に隣接して配置されて磁区制御層と、磁区制御層上に積層されてスピナルブと電氣的に接続された1対の電極とを備え、電極間隔がスピナルブ層の幅よりも狭く形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果ヘッドであって、電極とスピナルブ層との間に絶縁層が存在しない場合が開示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】図18は従来の磁気抵抗効果層ヘッドの一例の概念図を示している。本例では、磁気抵抗効果層3のトラック方向の中心部を基準位置としたときに、1対の電極層6のうちこの基準位置に最も近い部分が、縦バイアス層4のうちこの基準位置に最も近い部分に比較してより当該基準位置の近くに位置する磁気抵抗効果素子を示している。

【0011】図18は素子の略中心部をABS (Air Bearing Surface) 面に平行な面で切断した場合の断面図である。下シールド1上に下ギャップ層2が積層され、その上に磁気抵抗効果層であるスピナルブ (SV) 層3が配置されている。この磁気抵抗効果層であるSV層3は適当な大きさ、例えば、図示せぬ記録媒体のトラック幅とほぼ対応した幅を有してパターン化されており、その左右には縦バイアス層4がパターン化されたSV層3の両端において隣接して配置されている。

【0012】更に、その上にパターン化された1対の電極層6が縦バイアス層4及び磁気抵抗効果層3の少なくとも1部に重なるように設置される。その上に更に上ギャップ層7及び上シールド層8が積層される。このとき、縦バイアス層4の磁気抵抗効果層3に接している位置より、1対の電極層6の各先端部が磁気抵抗効果層3の中心部により近いことが特徴である。

【0013】このような構造の素子では、縦バイアス層4により、磁気抵抗効果層端部の磁化が固定されており、記録媒体からの漏洩磁界に対して感度を持たない。そこで、図18のような構造とすることにより、当該端部をバイパスしてより磁気抵抗効果層3の中心に近いところのみにセンス電流を流すことにより、中央部の高い磁界感度と、縦バイアス層4による感磁部の磁区制御とを両立させることができるというのが、そもそのねらいで

ある。

【0014】しかし実際に試作して見ると、センス電流は電極層6の先端部のみでなく、先端から後退した部分からも磁気抵抗効果層3に流入流出し、このことが原因になって再生ヘッドのトラック幅が1対の電極層6の先端間距離 (電極間隔) よりも広がってしまって、狭トラック化が困難となっている。

【0015】本発明は、端部をバイパスしてより磁気抵抗効果層の中央部に近いところのみにセンス電流を流すことにより、中央部の高い磁界感度と、縦バイアスによる感磁部の磁区制御とを両立させることができる狭トラック化対応の磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗効果ヘッド、それを使用した磁気抵抗検出システム並びに磁気記憶システムを提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、磁気記録媒体の記録トラック幅にほぼ対応した幅を有する磁気抵抗効果層と、この磁気抵抗効果層の両側に隣接して配置された縦バイアス層と、この縦バイアス層上に設けられて前記磁気抵抗効果層と電氣的に接続された1対の電極とを含む磁気抵抗効果素子であって、前記縦バイアス層と前記電極との間に絶縁層を設け、前記1対の電極の一部が前記磁気抵抗効果層に接触しかつ前記1対の電極の間隔を前記磁気抵抗効果層の幅よりも狭く形成したことを特徴とする磁気抵抗効果素子が得られる。

【0017】また本発明によれば、磁気抵抗効果層と、この磁気抵抗効果層の両側に隣接して配置された縦バイアス層と、この縦バイアス層上に設けられて前記磁気抵抗効果層と電氣的に接続された1対の電極とを含み、前記磁気抵抗効果層のトラック方向の中心部を基準位置としたときに、前記電極のうち前記基準位置に最も近い部分が、前記縦バイアス層のうち前記基準位置に最も近い部分よりも前記基準位置の近くに位置するようにした磁気抵抗効果素子であって、前記縦バイアス層及び前記磁気抵抗効果層の少なくとも一部上に絶縁層が形成されており、この絶縁層のうち前記基準位置に最も近い位置が、前記電極のうち前記基準位置に最も近い部分と前記縦バイアス層のうち前記基準位置に最も近い部分との中間に位置していることを特徴とする磁気抵抗効果素子が得られる。

【0018】更に本発明によれば、基体上に形成された下シールドと、その上に下ギャップ絶縁層を介して形成された上述の磁気抵抗効果素子と、その上に上ギャップ絶縁層を介して形成された上シールドとを含むことを特徴とするシールド型磁気抵抗効果ヘッドが得られる。

【0019】また本発明によれば、上記の磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子を通る電流を生じる手段と、前記磁気抵抗素子の抵抗率変化を、検出される磁界の関数として検出する手段とを含むことを特徴とする磁気抵抗検出システムが得られる。

【0020】更に本発明によれば、上記のシールド型磁気抵抗効果ヘッドと、前記磁気抵抗効果ヘッドを通る電流を生じる手段と、前記磁気抵抗効果ヘッドの抵抗変化率を、検出される磁界の関数として検出する手段とを含むことを特徴とする磁気抵抗検出システムが得られる。

【0021】更にはまた本発明によれば、データ記録のための複数のトラックを有する磁気記憶媒体と、この磁気記憶媒体上にデータを記憶させるための磁気記録システムと、上記の磁気抵抗検出システムと、前記磁気記録システムおよび前記磁気抵抗検出システムを前記磁気記憶媒体の選択されたトラックへ移動させるために、磁気記録システム及び磁気抵抗検出システムとに結合されたアクチュエータ手段とを含むことを特徴とする磁気記憶システムが得られる。

【0022】このような構成の、磁気抵抗効果素子、シールド型磁気抵抗効果ヘッド、磁気抵抗検出システム及び磁気記憶システムにおいては、パターン化された磁気抵抗効果層端部近傍および磁気抵抗効果層に接している縦バイアス層の上部に絶縁層が設けられており、その上に電極層が配置されているので、センス電流が直接あるいは縦バイアス層を通して磁気抵抗効果層の端部に流入することはない。

【0023】磁気抵抗効果層端部は縦バイアス層に接することにより、磁気抵抗効果層を形成する感磁層の磁化方向が固定されており、磁界に対する感度を持たなくなっている。従って、この部分をセンス電流が通過しないということは磁気抵抗効果層の出力向上に貢献する。電極層は磁気抵抗効果層端部を避けて磁気抵抗効果層のより中心部に接続されることになる。磁気抵抗効果層の中心付近はそれを構成する感磁層の磁化方向が磁界に対して大きく変化する部分であるので、この部分を優先的にセンス電流が通過することは磁気抵抗効果層の出力向上に貢献する。

【0024】さらに、感磁層は縦バイアス層に接している端部から中心部に向けて徐々に磁化方向が磁界により変化し易くなるので、最端部から少し中心よりの部分に中途半端に磁界を感じやすい部分が存在する。このような部分をセンス電流が通過すると、記録された媒体上の漏れ磁界情報を検出する際に、中途半端に磁界を検出する領域がトラック方向の端部に存在する。このことは、すなわち、再生時のトラック幅が広がってしまうことであり、トラック密度を上げることができないことを意味する。

【0025】本発明の構造を用いれば、このような中途半端に媒体からの磁界を検出する領域も絶縁層でカバーしてセンス電流が流れないようにすることができるので、実効的なトラック幅の広がりも押さえることができる。一方、磁気抵抗効果層端部は直接に縦バイアス層に接しているために、磁気抵抗効果層の動的保磁力は十分小さくコントロールされており、再生時のバルクハウゼン

ンノイズを十分小さく制御することができる。以上の原理により、大きな再生出力および小さなバルクハウゼンノイズを兼ね備えた狭トラック再生ヘッドを実現することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態につき図面を参照しつつ詳細に説明する。図1は本発明を適用した代表的な記録再生ヘッドの再生部をABS面に平行に切断した場合の断面図である。この構成では、まず図示せぬ基体上に下シールド層1が形成される。この下シールド層1上には下ギャップ層2が形成され、さらにその上にパターン化された磁気抵抗効果層3が形成される。この磁気抵抗効果層3は図示せぬ記録媒体のトラック幅とほぼ対応した大きさ（幅）にパターン化されている。

【0027】磁気抵抗効果層3の端部には、縦バイアス層4が接するか、または一部乗り上げるように形成されている。縦バイアス層4及び磁気抵抗効果層3の少なくとも一部上には絶縁層5が形成されている。ここで、磁気抵抗効果層3のトラック方向の中心部を基準位置としたとき、絶縁層5のうち最も当該基準位置に近い位置は、縦バイアス層4のうち最も当該基準位置に近い部分よりも当該基準位置に近い位置に設けられている。

【0028】さらに、絶縁層5および磁気抵抗効果層3の少なくとも一部上には一対の電極層6が配置される。よって、一対の電極層6の先端部が磁気抵抗効果層3に接触しかつ一対の電極の間隔が磁気抵抗効果層3の幅よりも狭くなっている。この様な構造をとることにより、感磁層の内磁界に対する感度を持たない部分及び中途半端に感度を持つ部分にセンス電流を流すことなしに、感度が高い中心部のみに電流を流すことができるのである。

【0029】図2は図1に示した構造の具体的な例であり、この構造では、磁気抵抗効果層3から離れた位置においては、電極層6と縦バイアス層4とが絶縁層5を介することなしに接触している。このように電極層6と縦バイアス層4とが直接接していても、その接している位置が電極層6と磁気抵抗効果層3とが直接接している位置から十分離れていれば、センス電流は抵抗の高い縦バイアス層4をバイパスすることなしに、抵抗の低い電極層6を優先的に電流が流れるので、磁気抵抗効果層3の端部を電流が流れることはない。もちろん、電極層6と縦バイアス層4とが全く接することが無くても一向にかまわない。

【0030】図3は本発明の代表的な記録再生ヘッドの再生部をABS面に垂直な方向から見た平面図である。A～Hで示した各位置は、それぞれ基体から上シールド（共通ポール）までの間が以下の構成になっている。

【0031】位置A：基体／下シールド層／下ギャップ

層/磁気抵抗効果膜/上ギャップ層/上シールド層

位置B: 基体/下シールド層/下ギャップ層/磁気抵抗効果膜/電極層/上ギャップ層/上シールド層

位置C: 基体/下シールド層/下ギャップ層/磁気抵抗効果膜/絶縁層/電極層/上ギャップ層/上シールド層

位置D: 基体/下シールド層/下ギャップ層/縦バイアス層/絶縁層/電極層/上ギャップ層/上シールド層

位置E: 基体/下シールド層/下ギャップ層/縦バイアス層/絶縁層/上ギャップ層/上シールド層

位置F: 基体/下シールド層/下ギャップ層/絶縁層/電極層/上ギャップ層/上シールド層

位置G: 基体/下シールド層/下ギャップ層/上ギャップ層/上シールド層

位置H: 基体/下シールド層/下ギャップ層/絶縁層/上ギャップ層/上シールド層。

【0032】ここでは、縦バイアス層と電極層が絶縁層により完全に絶縁された場合が示しているが、上述の様に一部が接触していても、それが電極と磁気抵抗効果膜とが接している位置から十分離れていれば問題ない。また、ここでは縦バイアス層の形状が棒状の場合を示したが、他の形状でもかまわない。また、下シールド層、下ギャップ層、縦バイアス層、電極層、絶縁層、磁気抵抗効果膜、上ギャップ層、上シールド層のそれぞれの下部には、下地層、上部には上部層もしくは保護層を設けることもできる。

【0033】次に、それぞれの構造の詳細の代表的な例について記述する。各層を構成する要素としては以下の材料が有力な候補となる。

【0034】基体: アルチック、SiC、アルミナ、アルチック/アルミナ2層、SiC/アルミナ2層 下シールド層: NiFe, CoZr, またはCoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, CoZrMoNi合金, FeAlSi, 窒化鉄系材料, MnZnフェライト, NiZnフェライト, MgZnフェライトからなる単体、多層膜および混合物。

【0035】電極層: Au, Ag, Cu, Mo, W, Y, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Pt, Taからなる単体、多層膜および混合物。

【0036】絶縁層: Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンからなる単体、多層膜および混合物。

【0037】下ギャップ層: Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンからなる単体、多層膜および混合物。

【0038】上ギャップ層: Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンからなる単体、多層膜および混合物。

【0039】縦バイアス膜: CoCrPt, CoCr,

CoPt, CoCrTa, FeMn, NiMn, Ni酸化物, NiCo酸化物, Fe酸化物, NiFe酸化物, IrMn, PtMn, PtPdMn, ReMn, Coフェライト, Baフェライトからなる単体、多層膜および混合物。

【0040】磁気抵抗効果膜としては以下の構成のものを用いることができる。

【0041】基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/固定層/固定させる層/保護層

基体/下地層/固定させる層/固定層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層

基体/(下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/固定層/固定させる層/保護層)をN回繰り返し積層した層

基体/(下地層/固定させる層/固定層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層)をN回繰り返し積層させた層

基体/下地層/第1固定させる層/第1固定層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー層/第3MRエンハンス層/非磁性層/第4MRエンハンス層/第2固定層/第2固定させる層/保護層

基体/下地層/(固定層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー層/非磁性層/)をN回繰り返し積層した層(Nは1以上)/固定層/保護層

基体/下地層/(フリー層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/固定層/非磁性層/)をN回繰り返し積層した層(Nは1以上)/フリー層/保護層

基体/下地層/固定層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層

基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/固定層/保護層。

【0042】下地層としては、金属、酸化物、窒化物からなる単層膜、混合物膜または多層膜を用いる。具体的には、Ta, Hf, Zr, W, Cr, Ti, Mo, Pt, Ni, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, Vおよびこれらの材料の酸化物あるいは窒化物からなる単層膜、混合物膜または多層膜を用いる。

【0043】添加元素として、Ta, Hf, Zr, W, Cr, Ti, Mo, Pt, Ni, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, Vを用いることもできる。下地層は用いない場合もある。

【0044】フリー層としては、NiFe, CoFe, NiFeCo, FeCo, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, C

oTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることができる。

【0045】非磁性層材料の候補は磁気抵抗効果膜が強磁性トンネル接合膜の場合と非磁性層に導電非磁性層を用いた磁気抵抗効果膜の場合で候補となる材料が異なる。強磁性トンネル接合膜の非磁性層（バリア層）としては、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属／酸化物2層膜、金属／窒化物2層膜、金属／（酸化物と窒化物との混合物）2層膜を用いる。

【0046】Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物またはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物との積層膜が有力な候補となる。

【0047】非磁性層に導電非磁性層を用いた磁気抵抗効果膜の場合は、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの単体、多層膜、混合物またはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの単体、多層膜、混合物との積層膜が有力な候補となる。

【0048】第1および第2MRエンハンス層としては、Co、NiFeCo、FeCo等、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いる。MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。

【0049】固定層としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることができる。または、これらと、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、

Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vをベースとするグループからなる単体、合金または積層膜とを組み合わせた積層膜を用いることも可能である。

【0050】Co/Ru/Co、CoFe/Ru/CoFe、CoFeNi/Ru/CoFeNi、Co/Cr/Co、CoFe/Cr/CoFe、CoFeNi/Cr/CoFeNiは有力な候補である。

【0051】固定させる層としては、FeMn、NiMn、IrMn、RhMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、PtCrMn、CrMn、CrAl、TbCo、Ni酸化物、Fe酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物2層膜、Ni酸化物/Fe酸化物2層膜、CoCr、CoCrPt、CoCrTa、PtCoなどを用いることができる。

【0052】PtMnもしくはPtMnにTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Taを添加した材料は有力な候補である。

【0053】保護層としては、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属／酸化物2層膜、金属／窒化物2層膜、金属／（酸化物と窒化物との混合物）2層膜、を用いる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物、またはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物との積層膜が有力な候補となる。保護層は用いない場合もある。

【0054】次に、図4～図13において、図1～図3に代表例を示した構造の各ヘッドの代表的な作成手順を示す。図中では細い線が以前の工程で形成された素子外観を、太い線がその工程において新たに形成された素子外観を示す。また実際の工程では、形成された素子上に次の素子が形成されることにより、元の素子外観は部分的あるいは全て見えなくなるか、非常に見えなくなるが、ここでは理解のしやすさのため素子の下に隠れている素子もすべて実線で記述してある。

【0055】基体上下シールド層を成膜し、PR（フォトリソ）を形成し、ミリングによりパターン化し、剥離剤によりPRを除去した後に、下ギャップ層を成膜する（図4）。次に、磁気抵抗効果膜を成膜し、その上に磁気抵抗効果膜パターン化用のPRを形成し、ミリングによりパターン化する。この段階ではPR除去は行わない（図5）。

【0056】次に、縦バイアス層を成膜し、リフトオフにより磁気抵抗効果膜上の縦バイアス層を除去した後、縦バイアス層パターン化用のPRを形成してミリングによりパターン化した後にPR除去をする(図6)。次に、絶縁層を全面に形成し、絶縁層パターン化のためのPRを形成して絶縁層をミリングによりパターン化した後に、PRを除去する(図7)。

【0057】次に、電極リフトオフ用PRを形成し、全面に電極層を成膜した後に、リフトオフにより電極層をパターン化する(図8)。電極層上には電極抵抗低減のために電極厚付け層を形成することができる。電極厚付け層リフトオフ用PRを形成し、全面に電極厚付け層を成膜した後に、リフトオフにより電極厚付け層をパターン化する(図9)。

【0058】次に、上ギャップ層を全面に成膜し、電極穴抜きようPRを形成してミリングにより電極部上のギャップ層を取り除いた後に、PRを除去する(図10)。次に、上シールドを形成してパターン化する。通常は、フレームレジストを形成し、メッキにより上シールド層を成膜した後にフレームレジストを除去するという方法による(図11)。次に記録ヘッド部を形成するが、ここでは記録ヘッドとしてはどのようなものでもかまわないので具体的な構造については記述しない(図12)。次に、ABS面に平行にラッピングをし、不要な部分を除去すると同時に素子高さを決定する(図13)。

【0059】次に、本発明の磁気抵抗効果素子を適用した磁気抵抗検出システムの概略を図14を参照し説明する。尚、図14において、図1と同等部分は同一符号にて示している。図14に示す様に、一対の電極6の各々には、センス電流源21及びセンス回路22が並列に接続されている。センス電流源21からはセンス電流が磁気抵抗効果素子に流されており、図中の左側電極(+)から磁気抵抗効果層3の中央付近を経て、右側電極(-)へ流れる。この場合の電流経路を20で示している。このセンス電流値は一定の値に設定されている。

【0060】センス回路22は一対の電極6間の電圧を検出するものであり、磁気抵抗効果層3はそれに印加される磁界の方向によりその抵抗が変化するものであるから、センス電流が一定の場合は、抵抗変化が左右の電極間の電圧変化となって現れることになる。よって、この電圧変化を検出することにより、磁気抵抗効果層3の抵抗変化を検出して、更には磁気抵抗効果層3に印加される磁界の方向及び大きさを検出することができるのである。すなわち、磁気抵抗効果層の抵抗率変化を、検出すべき磁界の関数として、センス回路22にて検出する構成となっている。

【0061】次に、本発明の記録再生ヘッド及び記録再生システムへの適用例を示す。図15は本発明を適用した記録再生ヘッドの概念図である。ヘッドは、基体42

上に再生ヘッド45と、磁極43、コイル41、上磁極44からなる記録ヘッドとから形成されている。このとき、上部シールド膜と下部磁性膜とを共通にしても、別に設けてもかまわない。このヘッドにより、記録媒体上に信号を書き込み、また記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップとは、この様に同スライダ上に重ねた位置に形成することで、同一とラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置に搭載した。

【0062】図16は本発明の磁気抵抗効果素子を用いた磁気記録再生装置の概念図である。ヘッドスライダを兼ねる基板52上に、再生ヘッド51および記録ヘッド50を形成し、これをアクチュエーター(図示せず)によって記録媒体53上に位置決めして再生を行う。記録媒体53は回転し、ヘッドスライダは記録媒体53の上を、0.2 $\mu$ m以下の高さあるいは接触状態で対抗して相対運動する。この機構により、再生ヘッド51は記録媒体53に記録された磁気的信号を、その漏れ磁界54から読み取ることができる位置に設定されるのである。

【0063】

【実施例】図1及び図3記載の構造のヘッドを作成した。この際磁気抵抗効果膜としては、 $\text{Zr}$  (3nm) /  $\text{Pt}_{46}\text{Mn}_{54}$  (15nm) /  $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (2nm) /  $\text{Ru}$  (0.8nm) /  $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (2nm) /  $\text{Cu}$  (2nm) /  $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$  (0.5nm) /  $\text{Ni}_{82}\text{Fe}_{18}$  (4nm) /  $\text{Ta}$  (3nm) を用いた。

【0064】膜形成後には、250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に8kOeの磁界を印加しつつ行った。ヘッド試作の際のMTJ部のパターンニングでは、MTJ膜は最下層のZrまですべてパターンニングした。パターンニングは磁気抵抗効果膜を通常のミリング装置により0.3Paの純Arガス雰囲気中でミリングすることにより行った。ミリングは膜面に対し垂直な方向から行った。

【0065】ヘッドを構成する各要素としては以下のものを用いた。

【0066】基体…厚さ2mmのアルチック上にアルミナを10 $\mu$ m積層したもの

再生ヘッド部

下シールド層… $\text{Co}_{89}\text{Zr}_{11}\text{Ta}_{4}\text{Cr}_{3}$  (1 $\mu$ m) 組成はat%、以下同じ)

下ギャップ層…アルミナ (20nm)

電極層… $\text{Ta}$  (1.5nm) /  $\text{Au}$  (40nm) /  $\text{Ta}$  (3nm)

電極厚付け層… $\text{Ta}$  (1.5nm) /  $\text{Au}$  (240nm) /  $\text{Ta}$  (3nm)

絶縁層…アルミナ (20nm)

縦バイアス層…Cr (10 nm) / Co 74.5 Cr  
10.5 Pt 15 (24 nm)

上ギャップ層…アルミナ (40 nm)

上シールド層…記録ヘッド下ポールと共通 (共通ポール)

記録ヘッド部

共通ポール下地…Ni 82 Fe 18 (90 nm)

共通ポール…Ni 82 Fe 18 (2.5  $\mu$ m) / Co 65 Ni 12 Fe 23 (0.5  $\mu$ m)

記録ギャップ…アルミナ (0.3  $\mu$ m)

ギャップ厚付け…アルミナ (0.7  $\mu$ m)

コイル下地…Cr (30 nm) / Cu (150 nm)

コイル…Cu (4.5  $\mu$ m)

上ポール下地…Ti (10 nm) / Co 65 Ni 12 Fe 23 (0.1  $\mu$ m)

上ポール…Co 65 Ni 12 Fe 23 (0.5  $\mu$ m) / Ni 82 Fe 18 (3.5  $\mu$ m)

端子下地…Cr (30 nm) / Cu (150 nm)

端子…Cu (50  $\mu$ m)

オーバーコート…アルミナ (52  $\mu$ m)

金端子下地…Ti (10 nm) / Ni 82 Fe 18 (0.1  $\mu$ m)

金端子…Au (3  $\mu$ m)。

【0067】ヘッドの作成手順は以下の通りとした。

【0068】1. 再生ヘッド部作成

基板洗浄→下シールド成膜及びアニール→アライメント  
マーク形成 (PR形成→パターンニング→レジスト除去)  
→下シールドパターンニング (PR形成→テーパー加工→  
レジスト除去)→下ギャップ形成 (PR形成→成膜→リフト  
オフ)→磁気抵抗効果素子形成 (成膜→2層PR形成→ミ  
リング)→縦バイアス層形成 (成膜→PR形成→ミリング→  
PR除去)→絶縁層形成 (絶縁層成膜→PR形成→ミリング→  
PR除去)→電極層形成 (PR形成→成膜→リフトオフ)→  
電極厚付け形成 (PR形成→成膜→リフトオフ)→ポール  
ハイトモニター形成 (PR形成→成膜→リフトオフ)→上  
電極厚付け (PR形成→成膜→リフトオフ)→上ギャップ  
形成 (成膜)→上ギャップ層穴あけPR形成→ミリング→  
PR除去)。

【0069】2. 記録ヘッド部作成

共通ポール形成 (第2下地成膜→フレームPR形成→共  
通ポールめっき→カバーPR形成→ケミカルエッチング  
→下地除去)→ポールハイト穴埋めレジスト→ギャップ  
成膜→ギャップ厚付け形成 (PR形成→成膜→リフト  
オフ)→PW (上ポールと共通ポールを磁気的に接続する  
ためのポール)形成 (PR形成→ミリング→PR除去)  
→コイル形成SC1レジスト (コイルの絶縁性を確保す  
るためのレジストその1)形成→コイル形成 (下地成膜  
→PR形成→コイルメッキ→ケミカルエッチング→下地  
除去)→SC2レジスト (コイルの絶縁性を確保するた  
めのレジストその2)形成→ギャップ調整ミリング→上

ポール形成 (下地成膜→フレームレジスト形成→上ポ  
ールメッキ→メッキアニール→下地除去→カバーPR形  
成→ケミカルエッチング→下地除去→Focused Ion Beam  
ミリング装置によるポールトリム加工)→端子形成 (下  
地成膜→PR形成→端子メッキ→ケミカルエッチング→  
下地除去)→オーバーコート成膜→端子ラップ→金端子  
メッキ (下地成膜→PR形成→金端子メッキ→下地除  
去)。

【0070】3. 後工程

row切断→ABS面加工ラップ→ABS面へのDLC  
成膜→スライダ加工→サスペンションへの取り付け書き  
込みヘッド部のコイル部作成時のフォトリソ硬化工  
程は200℃、2時間とした。媒体の保磁力は5.0 k  
Oe、MrTは0.35 memu/cm<sup>2</sup>とした。試  
作したヘッドを用いて再生出力を測定した。

【0071】このヘッドを用いてCoCrTa系媒体上  
にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅  
 (上ポール幅)は0.7  $\mu$ m、書き込みギャップは0.  
12  $\mu$ m、読み込みトラック幅はマスク上の2つのAu  
電極先端間の距離 (設計値)で0.5  $\mu$ mとした。同じ  
構成で、絶縁層形成 (絶縁層成膜→PR形成→ミリング  
→PR除去)→電極層形成 (PR形成→成膜→リフト  
オフ)の工程を省略して試作した、図18の構成 (従来  
例)のヘッドを試作し、再生出力、Wiggle及び実効的再  
生トラック幅を比較した。その結果を図17の比較用図  
表に示す。

【0072】再生出力は従来例の方がわずかに高いもの  
の、Wiggleは従来例と同程度であり、この点が一番重要  
なのだが実効的再生トラック幅は従来例では0.8  $\mu$ m  
と設計値より広がってしまっていたのに対し、本発明  
の適用例では0.5  $\mu$ mと設計値と全く同じ値になっ  
た。

【0073】従来例と比較して飛躍的に実効的トラック  
幅が小さくなっており、狭トラック再生に対応できるこ  
とを意味する。約1.6倍の高密度記録を可能にできる  
という結果である。これは、本発明の適用により、セン  
ス電流が磁気抵抗効果膜の感磁部の内、その磁化方向が  
縦バイアスにより固定されている部分及び動きにくくな  
っている部分をバイパスして、感磁部中心付近の磁化方  
向が外部磁界により容易に変化する部分のみに集中して  
流れているためと考えられる。

【0074】次に、本発明を適用して試作された磁気デ  
ィスク装置の説明をする。磁気ディスク装置はベース上  
に3枚の磁気ディスクを備え、ベース裏面にヘッド駆動  
回路および信号処理回路と入出力インターフェイスとを  
収めている。外部とは32ビットのバスラインで接続され  
る。磁気ディスクの両面には6個のヘッドが配置され  
ている。ヘッドを駆動するためのロータリーアクチュエ  
ータとその駆動及び制御回路、ディスク回転用スピンド  
ル直結モータが搭載されている。

【0075】ディスクの直径は46mmであり、データ面は直径10mmから40mmまでを使用する。埋め込みサーボ方式を用い、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。

【0076】本装置は小型コンピュータの外部記憶装置として直接接続が可能になっている。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒5から20メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを置き本装置を複数台接続することにより、大容量の磁気ディスク装置を構成することも可能である。

【0077】

【発明の効果】本発明の適用により、ヘッド再生部の実効的再生トラック幅を減少させ狭トラック再生に対応した記録再生ヘッドが実現できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気抵抗効果ヘッド概念図（ABS面に平行な方向の断面図）である。

【図2】本発明の磁気抵抗効果ヘッド概念図（ABS面に平行な方向の断面図）である。

【図3】本発明の磁気抵抗効果ヘッド磁気抵抗効果素子周辺概念図（ABS面に垂直な方向の断面図）である。

【図4】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図5】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図6】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図7】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図8】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図9】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図10】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図11】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図12】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図13】本発明の磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一部を示す図である。

【図14】本発明の磁気抵抗効果素子を適用した磁気抵抗検出システムの概略構成図である。

【図15】本発明を適用した記録再生ヘッドの概念図である。

【図16】本発明の磁気抵抗効果素子を用いた磁気記録再生装置の概念図である。

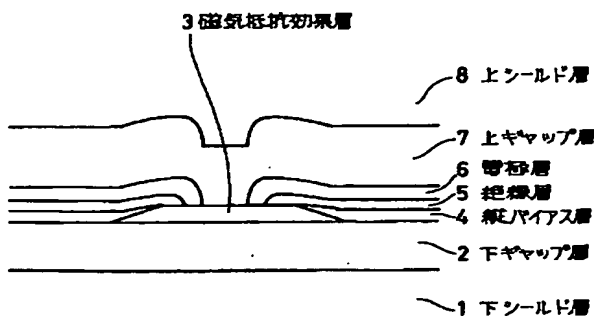
【図17】本発明と従来例との特性を比較するための図表である。

【図18】従来の磁気抵抗効果ヘッド概念図（ABS面に平行な方向の断面図）である。

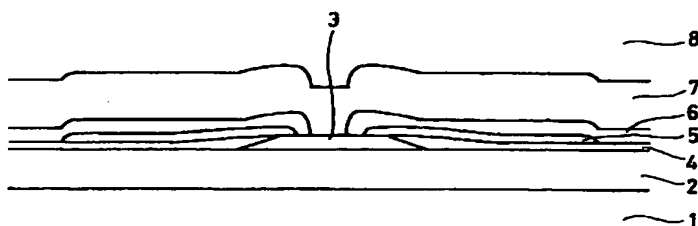
【符号の説明】

- 1 下シールド層
- 2 下ギャップ層
- 3 磁気抵抗効果層
- 4 縦バイアス層
- 5 絶縁層
- 6 電極層
- 7 上ギャップ層
- 8 上シールド層
- 41 コイル
- 42 基体
- 43 磁極
- 44 上磁極
- 45 再生ヘッド
- 46 ABS面
- 50 記録ヘッド
- 51 再生ヘッド
- 52 ヘッドスライダを兼ねる基板
- 53 記録媒体
- 54 媒体からの漏れ磁界

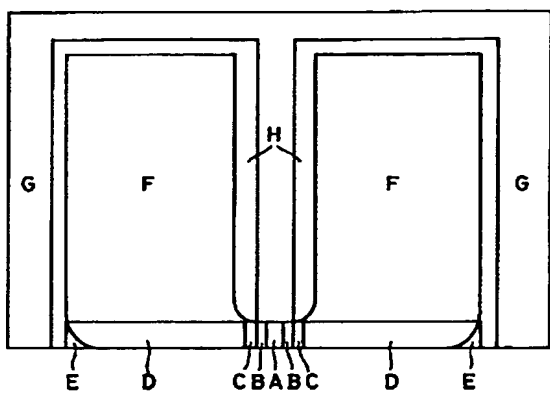
【図1】



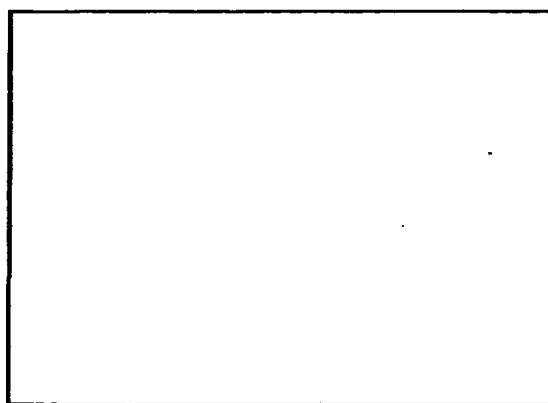
【図2】



【図3】

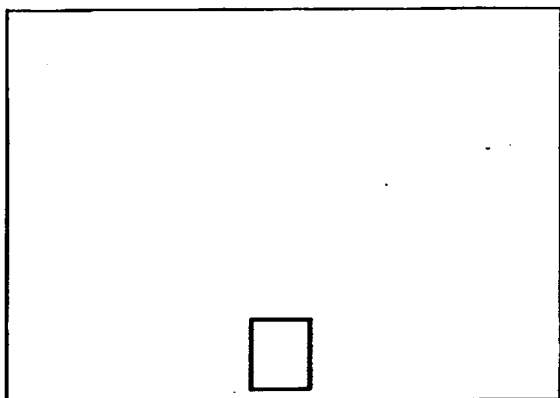


【図4】



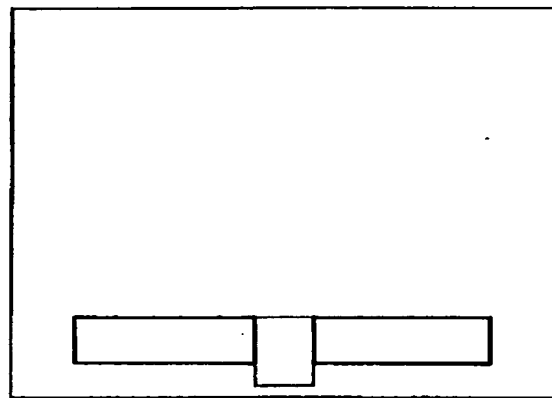
下シールド成膜、パターン化、下ギャップ成膜

【図5】



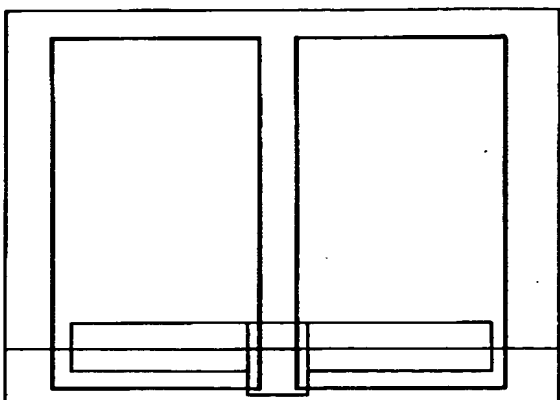
磁気抵抗効果膜形成、PR形成、ミリング

【図6】



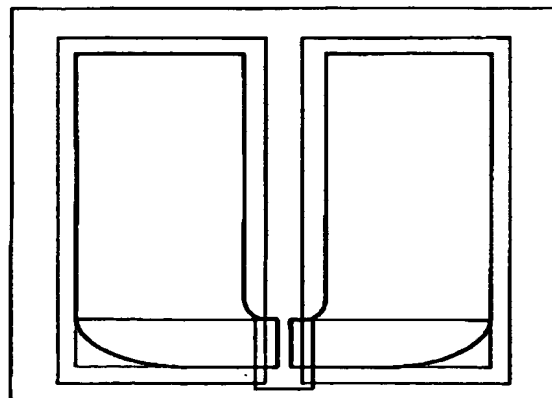
縦バイアス層成膜、リフトオフ、PR形成  
ミリング、PR除

【図7】



絶縁層成膜、PR形成、絶縁層ミリング  
PR除去

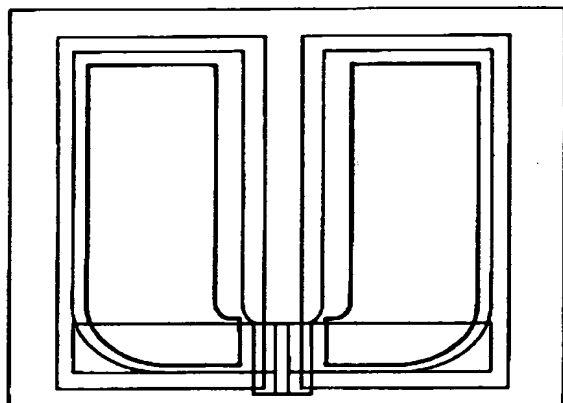
【図8】



電極リフトオフPR形成、電極成膜、リフトオフ

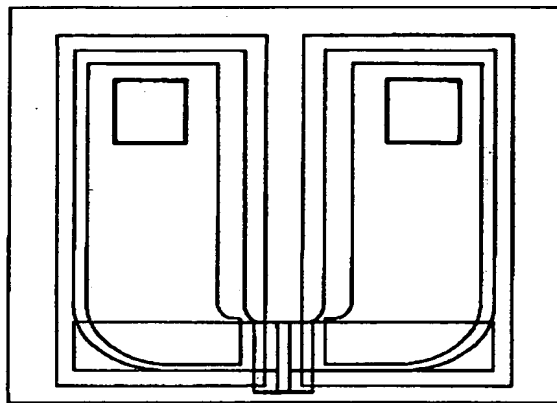


【図9】



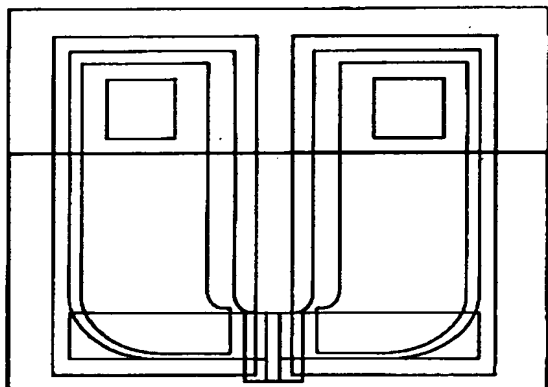
電極厚付け層リフトオフPR形成、  
電極厚付け層成膜、リフトオフ

【図10】



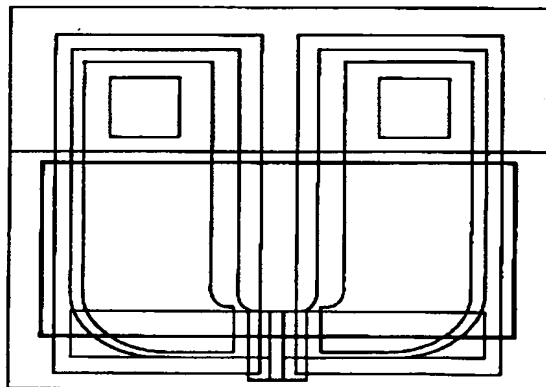
上ギャップ層成膜、電極穴抜き用PR形成、  
ミリング、PR除去

【図11】



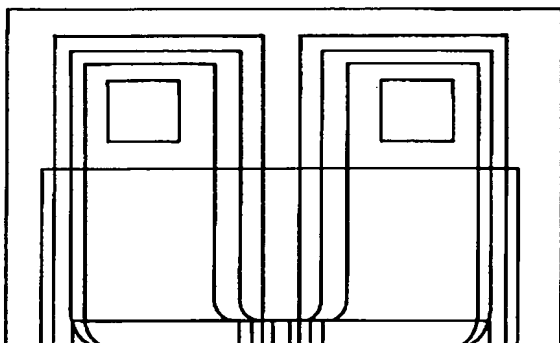
上シールド形成、上シールドパターン化

【図12】



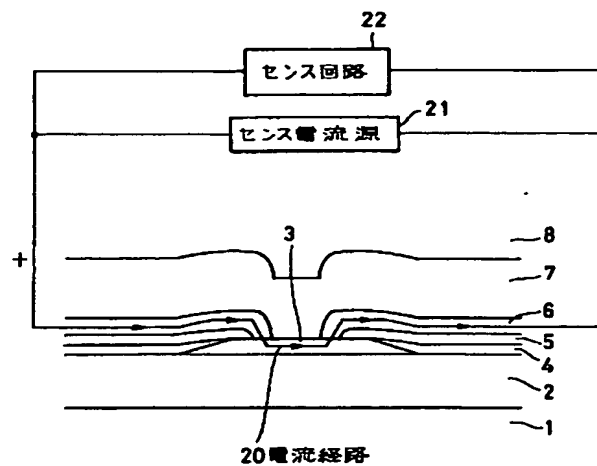
記録ヘッド部形成

【図13】

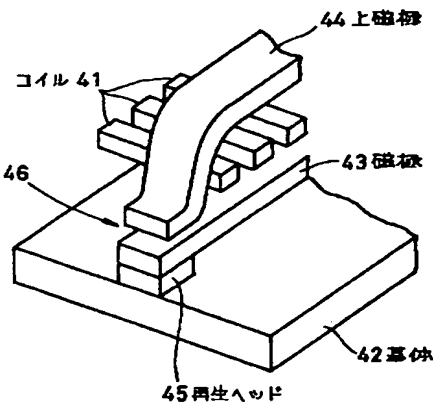


ABS 面ラッピング

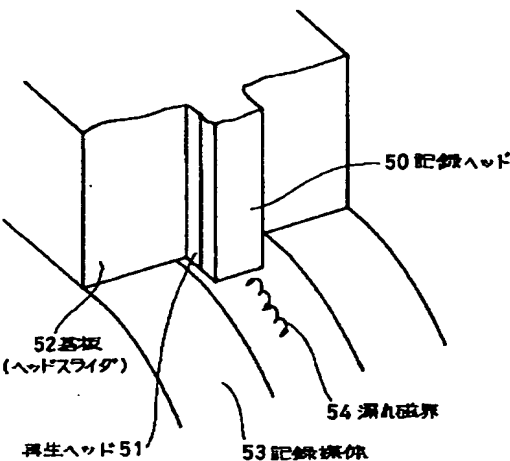
【図14】



【図15】



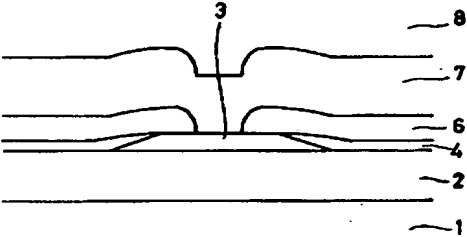
【図16】



【図17】

|               | 再生出力<br>(mV) | Wiggle<br>(%) | 実行再生トラック幅<br>(μm) |
|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| 図18の構造(従来例)   | 3.3          | 1.2           | 0.8               |
| 図1の構造(本発明実施例) | 3.1          | 1.0           | 0.5               |

【図18】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**